

## Process for removal of nitrogen oxides from an oxygen containing flue gas stream

Publication number: EP1149622

Publication date: 2001-10-31

Inventor: GIESHOFF JUERGEN DR (DE); LANG JUERGEN DR (DE)

Applicant: DMC2 DEGUSSA METALS CATALYSTS (DE)

Classification:

- international: H05H1/42; B01D53/34; B01D53/56; B01D53/74; B01D53/81; B01D53/86; B01D53/92; B01D53/94; F01N3/08; F01N3/28; F01N3/20; H05H1/26; B01D53/34; B01D53/56; B01D53/74; B01D53/81; B01D53/86; B01D53/92; B01D53/94; F01N3/08; F01N3/28; F01N3/20; (IPC1-7): B01D53/32; B01D53/92; B01D53/94

- European: B01D53/56; B01D53/86F2D; B01D53/92; B01D53/94F2D; F01N3/08C; F01N3/28B6

Application number: EP20010108592 20010405

Priority number(s): DE20001021071 20000429

Also published as:

US6517794 (B2)  
US2001038813 (A1)  
JP2002011325 (A)  
EP1149622 (B1)  
DE10021071 (C1)

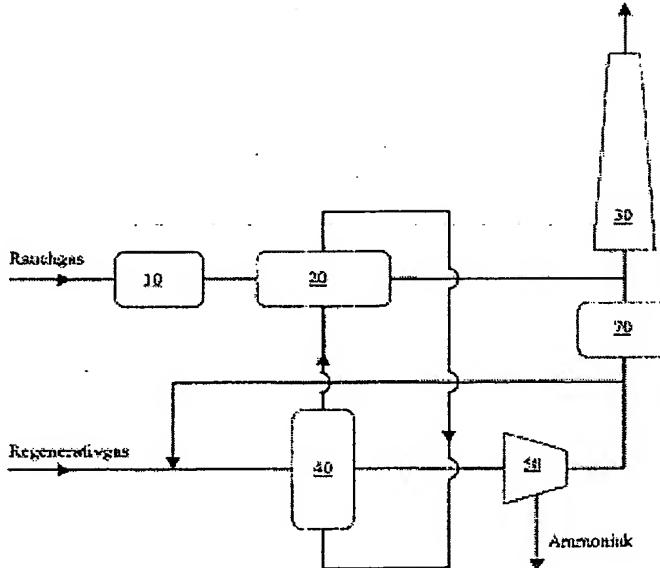
Cited documents:

DE19819372  
US5715677  
US6038853

[Report a data error here](#)

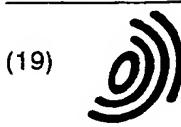
### Abstract of EP1149622

Removal of nitrogen oxides (NOx) from a flue gas stream (I) containing oxygen comprises (a) treating (I) with an electric gas discharge; (b) passing the treated (I) over a basic storage material (II) for storing (I) in the form of nitrates and discharging the purified (I) to the atmosphere; and (c) regenerating spent (II) by removing it from the (I) stream and treatment with a reducing regenerative gas stream to form ammonia.



Figur 2

Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - Worldwide



(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
31.10.2001 Patentblatt 2001/44

(51) Int Cl.7: B01D 53/32, B01D 53/92,  
B01D 53/94

(21) Anmeldenummer: 01108592.5

(22) Anmeldetag: 05.04.2001

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI  
(30) Priorität: 29.04.2000 DE 10021071

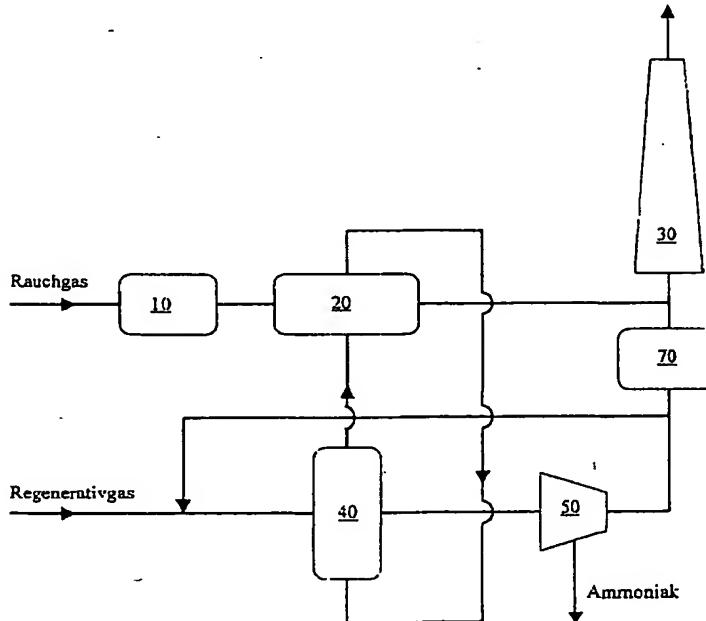
(71) Anmelder: dmc2 Degussa Metals Catalysts  
Cerdec AG  
60287 Frankfurt am Main (DE)  
(72) Erfinder:  
• Gieshoff, Jürgen, Dr.  
63599 Biebergemünd (DE)  
• Lang, Jürgen, Dr.  
73230 Kirchheim-Teck (DE)

(54) Verfahren zur Entfernung von Stickoxiden aus einem Sauerstoff enthaltenden Rauchgasstrom

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Entfernung von Stickoxiden aus einem mageren Rauchgas. Das Verfahren ist gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte:

- Behandeln des Rauchgases in einer elektrischen Gasentladung,
- Leiten des so behandelten Rauchgases über ein

basisches Speichermaterial zur Speicherung der Stickoxide in Form von Nitraten und Abgabe des gereinigten Rauchgases an die Umwelt und  
c) Regenerieren des Speichermaterials nach Erschöpfung seiner Speicherkapazität durch Entfernen des Speichermaterials aus dem Rauchgasstrom und Behandeln mit einem reduzierend wirkenden Gasstrom unter Bildung von Ammoniak.



Figur 2

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Entfernung von Stickoxiden aus Sauerstoff enthaltenden Rauchgasströmen industrieller Verbrennungsprozesse. [0002] Stickoxide, die bei Verbrennungsprozessen entstehen, zählen zu den Hauptverursachern des sauren Regens und den damit verbundenen Umweltschäden. Quellen für die Stickoxidabgabe in die Umwelt sind hauptsächlich die Abgase von Kraftfahrzeugen sowie die Rauchgase von Verbrennungsanlagen, insbesondere von Kraftwerken mit Öl-, Gasoder Steinkohlefeuerungen oder von stationären Verbrennungsmotoren sowie von industriellen Betrieben. Die in den Abgasen enthaltenen Stickoxide bestehen je nach Führung des Verbrennungsprozesses zu 60 bis 90 Vol.-% aus Stickstoffmonoxid.

[0003] Ein Kennzeichen der Rauchgase aus diesen Prozessen ist ihr relativ hoher Sauerstoffgehalt, der die Reduktion der in ihnen enthaltenen Stickoxide erschwert. Zur Charakterisierung des Sauerstoffgehaltes wird häufig die Luftzahl Lambda ( $\lambda$ ) herangezogen. Hierbei handelt es sich um das auf stöchiometrische Verhältnisse normierte Luft/Brennstoff-Verhältnis des Verbrennungsprozesses. Bei stöchiometrischer Verbrennung ist die Luftzahl gleich eins. Bei überstöchiometrischer Verbrennung wird die Luftzahl größer 1 - das resultierende Abgas ist mager. Im umgekehrten Fall spricht man von einem fetten Abgas.

[0004] Ein seit langem genutztes Verfahren zur Entfernung der Stickoxide aus solchen Rauchgasen ist die sogenannte selektive katalytischen Reduktion (SCR) mit Ammoniak an einem speziell ausgelegten Reduktionskatalysator. Geeignete Katalysatoren hierfür werden zum Beispiel in den Patentschriften EP 0367025 B1 und EP 0385164 B1 beschrieben. Sie bestehen zum Beispiel aus einer Mischung von Titanoxid mit Oxiden des Wolframs, Siliciums, Vanadiums und anderen. Ebenso sind Katalysatoren auf der Basis von mit Kupfer und Eisen ausgetauschten Zeolithen bekannt. Diese Katalysatoren entfalten ihre optimale Aktivität bei Temperaturen zwischen 300 und 500°C und einem Molverhältnis zwischen dem Reduktionsmittel Ammoniak und den Stickoxiden von 1,6 bis 0,6.

[0005] Wegen des häufig sehr hohen Schwefelgehaltes der zu reinigenden Rauchgase besteht die Gefahr der Vergiftung der Katalysatoren durch Schwefel. Daher ist der selektiven katalytischen Reduktion häufig eine Rauchgasentschwefelungsanlage vorgeschaltet, die allerdings bei Temperaturen unter 300°C betrieben wird, so dass das Rauchgas vor der selektiven katalytischen Reduktion wieder auf die Arbeitstemperatur der Entstikkungskatalysatoren angehoben werden muß.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein alternatives Verfahren für die Entfernung der Stickoxide aus Rauchgasen anzugeben, welches darüber hinaus die Gewinnung von Ammoniak als Wertstoff bei gleichzeitig verbessertem Wirkungsgrad ermöglicht.

[0007] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren, welches durch die folgenden Verfahrensschritte gekennzeichnet ist:

- 5 a) Behandeln des Rauchgases in einer elektrischen Gasentladung,
- b) Leiten des so behandelten Rauchgases über ein basisches Speichermaterial zur Speicherung der Stickoxide in Form von Nitraten und Abgabe des gereinigten Rauchgases an die Umwelt und
- 10 c) Regenerieren des Speichermaterials nach Erschöpfung seiner Speicherkapazität durch Entfernen des Speichermaterials aus dem Rauchgasstrom und Behandeln mit einem reduzierend wirkenden regenerativen Gasstrom unter Bildung von Ammoniak.

[0008] Die vorliegende Erfindung geht von dem in der DE 198 19 372 A1 offenbarten Verfahren zur Verminderung des Stickoxidgehaltes der Abgase eines Verbrennungsmotors aus. Gemäß diesem Verfahren wird das magere Abgas eines überstöchiometrisch betriebenen Verbrennungsmotors durch ein elektrisches Gasentladungsplasma geführt. Das elektrische Gasentladungsplasma wird in einem sogenannten Plasmareaktor erzeugt. Im Gasentladungsplasma erfolgt eine Oxidation des Stickstoffmonoxids zu Stickstoffdioxid und, auf Grund des Wassergehaltes des Abgases, auch die Bildung von Salpetersäure. Stickstoffdioxid und Salpetersäure werden von einem basischen Speichermaterial in Form von Nitraten chemisch gebunden und damit aus dem Abgasstrom entfernt.

[0009] Nach Erschöpfung der Speicherkapazität des Speichermaterials werden gemäß der DE 198 19 372 A1 die gespeicherten Stickoxide durch Behandeln mit einem fetten Abgas zu Stickoxiden zersetzt und anschließend an einem Katalysator zu Stickstoff reduziert, wobei die im fetten Abgas enthaltenen Kohlenwasserstoffe als Reduktionsmittel für die Nitraten genutzt werden. Das auf diese Weise regenerierte Speichermaterial kann erneut zur Abspeicherung von Stickoxiden in Form von Nitraten verwendet werden.

[0010] Als basisches Speichermaterial sind zum Beispiel die Oxide der Alkali- und Erdalkalimetalle geeignet, aber auch die Seltenerdoxide können eingesetzt werden, insbesondere Ceroxid und Lanthanoxid. Diese Materialien können direkt eingesetzt werden. Bevorzugt werden sie jedoch in hochdisperser Form auf hochoberflächigen Trägermaterialien, wie zum Beispiel aktivem Aluminiumoxid, aufgebracht, um eine möglichst große Wechselwirkungsfläche mit dem Abgas zur Verfügung zu stellen.

[0011] Es wurde nun gefunden, dass bei Regeneration des Speichermaterials mit einem sehr fetten Gasgemisch die freigesetzten Stickoxide bis zum Ammoniak reduziert werden. Hierzu sind Lambda-Werte des zur Regeneration eingesetzten Gasstromes von unter 0,8 erforderlich. Dagegen wird bei der üblichen Regenera-

tion mit Lambda-Werten zwischen 0,9 und 1,0 nur eine Freisetzung der gespeicherten Nitrate in Form von Stickoxiden erreicht.

[0012] Das Speichermaterial zur Abspeicherung des im Plasmareaktor gebildeten Stickstoffdioxids, beziehungsweise der Salpetersäure, kann im Plasmareaktor selbst oder in einem in Strömungsrichtung des Rauchgases hinter dem Plasmareaktor liegenden Absorptionsgefäß angeordnet sein. Ist das Speichermaterial in der Gasentladung angeordnet, so laufen die Verfahrensschritte a) und b) parallel zueinander ab. Gasentladung und Speichermaterial können auch in einem einzigen Reaktor in Strömungsrichtung des Rauchgases hintereinander angeordnet sein.

[0013] Das Speichermaterial wird erfindungsgemäß kontinuierlich aus dem Rauchgasstrom entfernt und einer separaten Station zur Regeneration seiner Speicherkapazität zugeführt. In dieser separaten Station wird das Speichermaterial durch Behandeln mit einem fetten Gasstrom regeneriert. Die Regeneration wird dabei so geführt, dass die abgespeicherten Nitrate in Form von Ammoniak freigesetzt werden. Der fette Gasstrom muß zu diesem Zweck eine Luftzahl von unter 0,8 aufweisen. Er kann in einfacher Weise durch eine unterstöchiometrisch betriebene Verbrennung erzeugt werden.

[0014] Das regenerierte Speichermaterial wird wieder dem Plasmareaktor oder dem Absorptionsgefäß zugeführt, während der freigesetzte Ammoniak durch Kondensation von dem zur Regeneration verwendeten Gasstrom abgetrennt und als Wertstoff gewonnen wird.

[0015] In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird das Rauchgas vor dem Eintritt in die elektrische Gasentladung in einer Rauchgasentschwefelungsanlage von Schwefelverbindungen befreit. Da das Verfahren das Rauchgas ohne die Verwendung einer Verfahrensstufe zur selektiven katalytischen Reduktion von den Stickoxiden befreit, ist es auch nicht erforderlich, nach Durchlaufen der Rauchgasentschwefelungsanlage, die Temperatur des Rauchgases wieder auf die Arbeitstemperatur der selektiven katalytischen Reduktion anzuheben. Die Bildung von Stickstoffdioxid und Salpetersäure in der Gasentladung sowie die Abspeicherung in Form von Nitraten auf dem Speichermaterial erfolgt auch bei den Austrittstemperaturen der Rauchgasentschwefelungsanlage. Durch die fehlende Notwendigkeit, das Rauchgas erneut aufzuheizen, wird zum Beispiel der Wirkungsgrad eines Kraftwerks verbessert.

[0016] In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens wird es mit dem konventionellen SCR-Verfahren kombiniert. Der mit dem Verfahren gewonnene Ammoniak wird dabei zur selektiven katalytischen Reduktion der in einem weiteren Rauchgasstrom enthaltenen Stickoxide eingesetzt. In dieser Ausführungsform des Verfahrens wird also der Rauchgasstrom des Kraftwerkes in wenigstens zwei Teilströme aufgeteilt. Ein Teilstrom wird wie durch die Verfahrensschritte a) bis c) vor-

gegeben gereinigt, während der zweite über einen Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion geleitet wird. Als Reduktionsmittel wird dabei zumindest teilweise der in Schritt c) freigesetzte Ammoniak verwendet.

5

Die Erfindung wird nun an Hand der Figuren 1 bis 4 näher erläutert. Es zeigen:

[0017]

10

**Figur 1:** Plasmareaktor mit beidseitig behinderter dielektrischer Barrierenentladung zwischen parallelen, flächigen Elektroden und einer Füllung aus pelletiertem Speichermaterial.

15

**Figur 2:** Schema des erfindungsgemäßen Verfahrens mit Kreisführung des Regenerativgasstromes

20

**Figur 3:** Schema des erfindungsgemäßen Verfahrens mit Abgabe des Regenerativgasstromes an die Umwelt, nachdem der Regenerativgasstrom einer Nachverbrennung unterzogen wurde

25

**Figur 4:** Schema des erfindungsgemäßen Verfahrens mit Verwendung des gewonnenen Ammoniaks als Reduktionsmittel für die selektive katalytische Reduktion eines weiteren Rauchgasstromes

30

[0018] Es können unterschiedliche Gasentladungen zur Behandlung der Abgase eingesetzt werden. Geeignet sind Hochfrequenzentladungen, auch mit Frequenzen oberhalb 250 MHz (Mikrowellenentladungen), Corona-Entladungen und die dielektrisch behinderte Entladung, auch Barrieren-Entladung genannt. Ebenso geeignet sind Mischformen dieser elektrischen Gasentladungen. Bevorzugt werden für das vorgeschlagene Verfahren Barrieren-Entladungen eingesetzt.

35

[0019] Eine Barrieren-Entladung kann zwischen zwei metallischen Elektroden erzeugt werden, von denen wenigstens eine mit einem Dielektrikum belegt ist, welches eine Funken- oder Bogenbildung zwischen den beiden metallischen Elektroden verhindert. Stattdessen bildet sich eine Vielzahl von kurzzeitigen und räumlich eng begrenzten Mikroentladungen aus, deren Entladungsdauer, und Energiemenge durch das Dielektrikum

40

begrenzt wird. Geeignete Dielektrika sind Keramiken, Glas, Porzellan oder isolierende Kunststoffe wie zum Beispiel Teflon. Weitere geeignete Materialien sind in der VDE 0303 und DIN 40685 beschrieben.

50

[0020] Barrieren-Entladungen können bei Drücken zwischen 0,1 und 10 bar betrieben werden. Die elektrische Anregung der Entladung erfolgt durch Anlegen einer Wechselspannung an die Elektroden. Je nach Druck im Entladungsraum, Abstand der Elektroden, Frequenz

und Amplitude der Wechselspannung bilden sich beim Überschreiten einer Zündspannung dünne, räumlich und zeitlich statistisch verteilte Entladungskanäle von nur wenigen Nanosekunden Dauer aus.

[0021] Figur 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Plasmareaktors, in dem eine dielektrische Barrieren-Entladung gezündet werden kann. (2) und (3) bezeichnen zwei metallische Elektroden, die sich gegenüberstehen und mit einer Wechselspannungsquelle (5) verbunden sind. Zur Unterbindung der Ausbildung eines Entladungsbogens zwischen den beiden Elektroden sind beide Elektroden mit einem Dielektrikum (4) belegt. Eine solche Entladung wird als beidseitig dielektrisch behindert bezeichnet. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, nur eine der Elektroden mit einem Dielektrikum zu belegen. In diesem Fall bildet sich eine einseitig dielektrisch behinderte Gasentladung aus.

[0022] Durch Anlegen einer Wechselspannung an die beiden Elektroden kommt es bei ausreichender Spannung zu der gewünschten Entladung. Die benötigte Spannung hängt von dem freien Abstand  $d$  zwischen Dielektrikum und Gegenelektrode, vom verwendeten Dielektrikum sowie vom Druck in der Entladungsstrecke, von der Gaszusammensetzung und von eventuell vorhandenen Einbauten zwischen den Dielektrika im Entladungsraum ab. Der Abstand  $d$  wird bevorzugt zwischen 0,1 und 10 mm eingestellt. Die benötigten Spannungen können 15 kV und mehr betragen. Die Frequenz der Wechselspannung liegt bevorzugt zwischen 50 Hz und 250 MHz.

[0023] Der Plasmareaktor von Figur 1 ist zur Durchführung des Verfahrens gemäß Patentanspruch 2 mit Pellets gefüllt, welche aus einem Speichermaterial für die Stickoxide bestehen. Diese Anordnung ist für die Durchführung des Verfahrens besonders geeignet. Die sich in dem mit den Pellets gefüllten Reaktor ausbildende elektrische Entladung findet vor allen Dingen in Form von Gleitentladungen an der Oberfläche der Pellets statt. Dadurch wird die Konzentration an Ionen und Radikalen in räumlicher Nachbarschaft der Oberfläche erhöht, was zu einer verbesserten Abspeicherung der Stickoxide in Form von Nitraten führt.

[0024] Die Pellets bestehen bevorzugt aus mindestens einem feinteiligen Trägermaterial ausgewählt aus der Gruppe Aluminiumoxid, Titanoxid, Zirkonoxid, Ceroxid, Siliciumdioxid, Magnesiumoxid oder deren Mischoxide und Zeolithen. Die Trägermaterialien sind in bekannter Weise mit den Speicherkomponenten belegt. Außerdem können sie durch Abscheiden der Edelmetalle der Platingruppe, insbesondere Platin, Palladium, Rhodium und Iridium, in hochdisperser Form auf ihrer Oberfläche katalytisch aktiviert werden. Zu diesem Zweck sollte die spezifische Oberfläche der Trägermaterialien wenigstens  $10 \text{ m}^2/\text{g}$  (gemessen nach DIN 66132) betragen. Wegen der geringen Temperaturbelastung können auch Materialien mit geringerer Temperaturbeständigkeit eingesetzt werden.

[0025] Zusätzlich zu den Pellets oder alternativ dazu

kann das Dielektrikum auf den Elektrodenoberflächen mit einer katalytisch aktiven Schicht versehen sein. Ihre Zusammensetzung kann der soeben beschriebenen Zusammensetzung für die Speicher-Pellets entsprechen. In bestimmten Anwendungsfällen kann das Dielektrikum auf den Elektrodenoberflächen selbst als katalytisch aktive Schicht ausgebildet sein. Voraussetzung hierfür ist, dass die Isolationswirkung der Schicht den Anforderungen einer dielektrisch behinderten Entladung genügt.

[0026] Die Elektroden des Plasmareaktors können als parallel zueinander ausgerichtete flächige Gebilde aufgebaut sein oder eine koaxiale Anordnung mit einer Mittenelektrode, die von einer Rohrelektrode umgeben ist, bilden. Zur Erleichterung der Ausbildung von Entladungsfäden können räumliche Inhomogenitäten vorsehen sein, die zu lokalen Feldüberhöhungen und damit zur Ausbildung der Entladung führen. Wie aus der Literatur bekannt ist, ist die eingekoppelte Elektronenenergie bei einer Plasmaentladung abhängig vom Produkt aus Elektrodenabstand  $d$  und Druck  $p$  ( $d \cdot p$ ), so dass bei konstantem Gasdruck allein über die Änderung der Geometrie des Reaktors, bestimmte Radikalreaktionen im Plasma gefördert beziehungsweise unterdrückt werden können. Für das vorgeschlagene Verfahren sollte das Produkt aus Elektrodenabstand und Druck im Bereich zwischen 0,1 und 100  $\text{mm}^2/\text{bar}$  liegen.

[0027] Die Entladung kann über verschiedenartige Wechselspannungen angeregt werden. Für eine hohe Elektronendichte und möglichst gleichzeitige Ausbildung der Entladung im gesamten Entladungsraum des Reaktors sind pulsförmige Anregungsspannungen besonders geeignet. Diese Wechselspannungen können auch bis zu niedrigen Frequenzen hin (10 bis 0,01 Hz) moduliert werden, um beispielsweise die Reaktion von adsorbierten Spezies zu ermöglichen.

[0028] Der Reaktor kann aus jedem elektrisch und thermisch geeigneten Material hergestellt werden. Insbesondere sind Kunststoffe, Keramiken und Gläser zu nennen. Ebenso sind hybride Konstruktionen aus verschiedenen Materialien möglich.

[0029] Die Figuren 2 und 3 zeigen ein Verfahrensschema für die Reinigung des Rauchgases eines Kraftwerkes. Das Rauchgas wird nach der Entschwefelung in der Entschwefelungsanlage (10) durch den Plasmareaktor 20 geführt, der mit pelletiertem Speichermaterial gefüllt ist. Infolge des in der Gasentladung angeordneten Speichermaterials werden die Stickoxide absorptiv aus dem Rauchgasstrom entfernt, der anschließend über den Schornstein (30) an die Umgebung abgegeben werden kann. Auf Grund der Beladung mit den Stickoxiden verringert sich die Speicherkapazität des Speichermaterials kontinuierlich. Zur Regeneration wird das Speichermaterial daher ebenfalls kontinuierlich aus dem Plasmareaktor ausgeschleust und in dem Regenerationsreaktor (40) durch Überleiten von reduzierend wirkendem Regenerativgas unter Bildung von Ammoniak regeneriert. Das regenerierte Speichermaterial wird

in den Plasmareaktor zur erneuten Beladung mit Stickoxiden zurückgeführt. Der Ammoniak wird in der Trenneinheit (50) zum Beispiel durch Auskondensation aus dem Regenerativgasstrom entfernt und als Wertstoff weiterverarbeitet. Der vom Ammoniak befreite Regenerativgasstrom kann nach Behandeln in einer Nachverbrennungseinheit (70) ebenfalls über den Schornstein (30) an die Umwelt abgegeben werden (siehe Figur 3). Bevorzugt wird jedoch ein Teil des Regenerativgasstromes im Kreislauf geführt (siehe Figur 2).

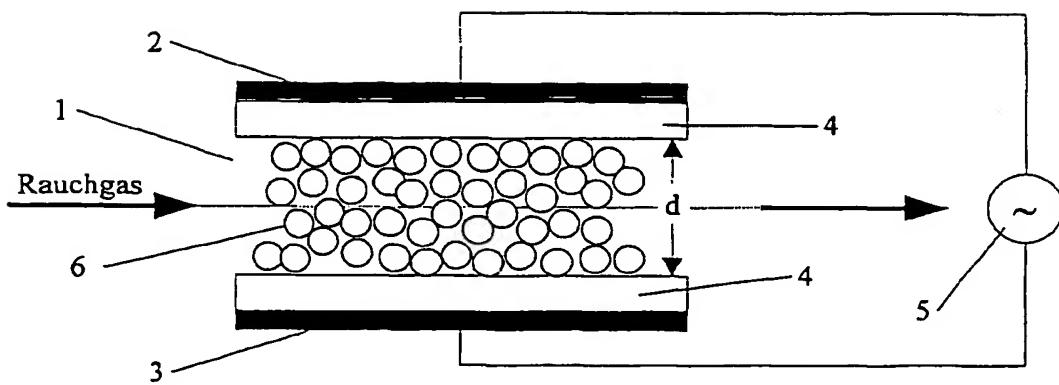
[0030] Figur 4 zeigt ein mögliches Verfahrensschema für das Verfahren gemäß Patentanspruch 7. Es ist gegenüber dem Verfahrensschema von Figur 3 durch einen zweiten Rauchgasstrom erweitert. Der zweite Rauchgasstrom wird ebenfalls in einer Entschwefelungsanlage (10) entschwefelt. Danach werden die in ihm enthaltenen Stickoxide in einem Reaktor (60) zur selektiven katalytischen Reduktion an einem entsprechenden Katalysator zu Stickstoff reduziert, bevor das gereinigte Rauchgas über den Schornstein an die Umwelt abgegeben. Als Reduktionsmittel für die selektive katalytische Reduktion wird der bei der Regeneration des Speichermaterials gewonnene Ammoniak verwendet.

#### Patentansprüche

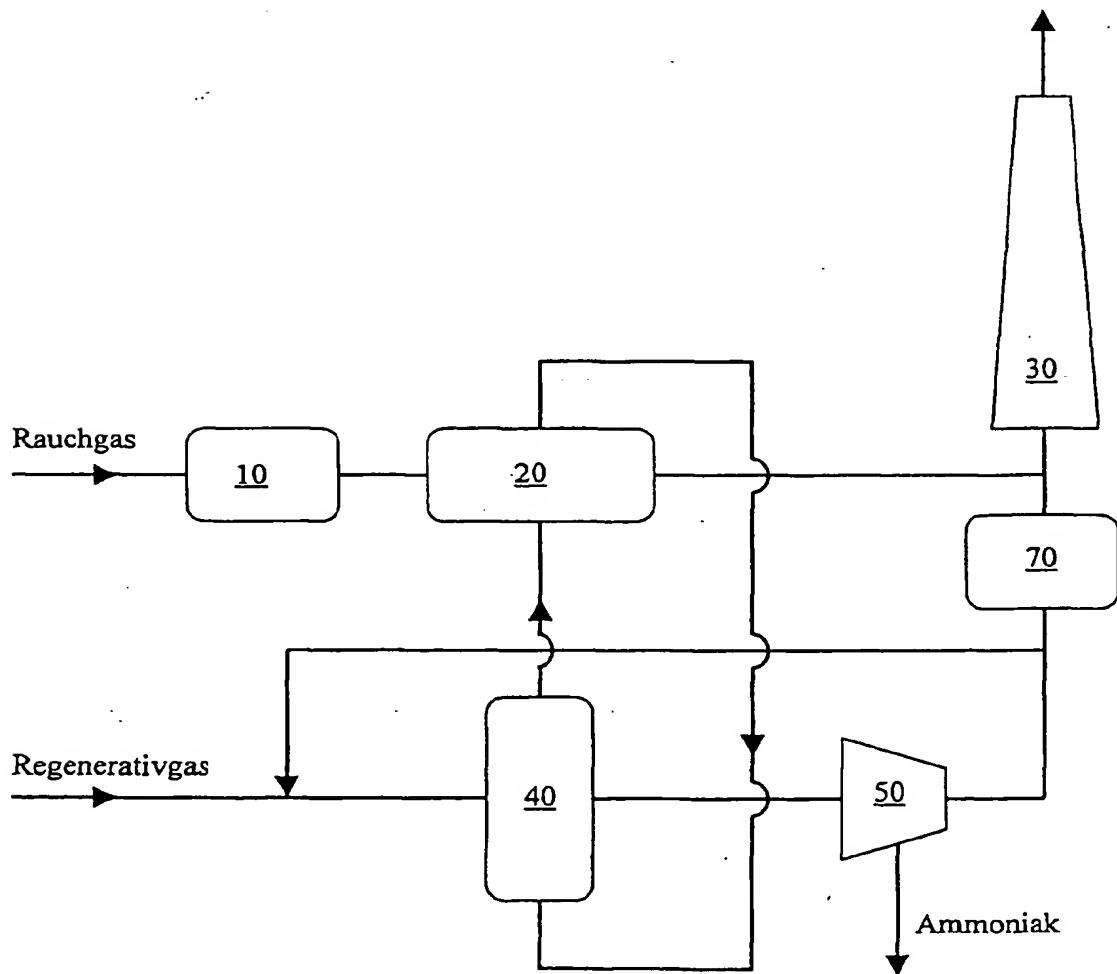
1. Verfahren zur Entfernung von Stickoxiden aus einem Sauerstoff enthaltenden Rauchgasstrom **gekennzeichnet durch** die Verfahrensschritte:
  - a) Behandeln des Rauchgases in einer elektrischen Gasentladung,
  - b) Leiten des so behandelten Rauchgases über ein basisches Speichermaterial zur Speicherung der Stickoxide in Form von Nitraten und Abgabe des gereinigten Rauchgases an die Umwelt und
  - c) Regenerieren des Speichermaterials nach Erschöpfung seiner Speicherkapazität **durch** Entfernen des Speichermaterials aus dem Rauchgasstrom und Behandeln mit einem reduzierend wirkenden regenerativen Gasstrom unter Bildung von Ammoniak.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Verfahrensschritte a) und b) durch Anordnen des Speichermaterials in der Gasentladung parallel ablaufen.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass Gasentladung und Speichermaterial in einem einzigen Reaktor hintereinander angeordnet sind.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprü-

che,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass das Rauchgas vor dem Eintritt in die elektrische Gasentladung von Schwefelverbindungen befreit wird.**

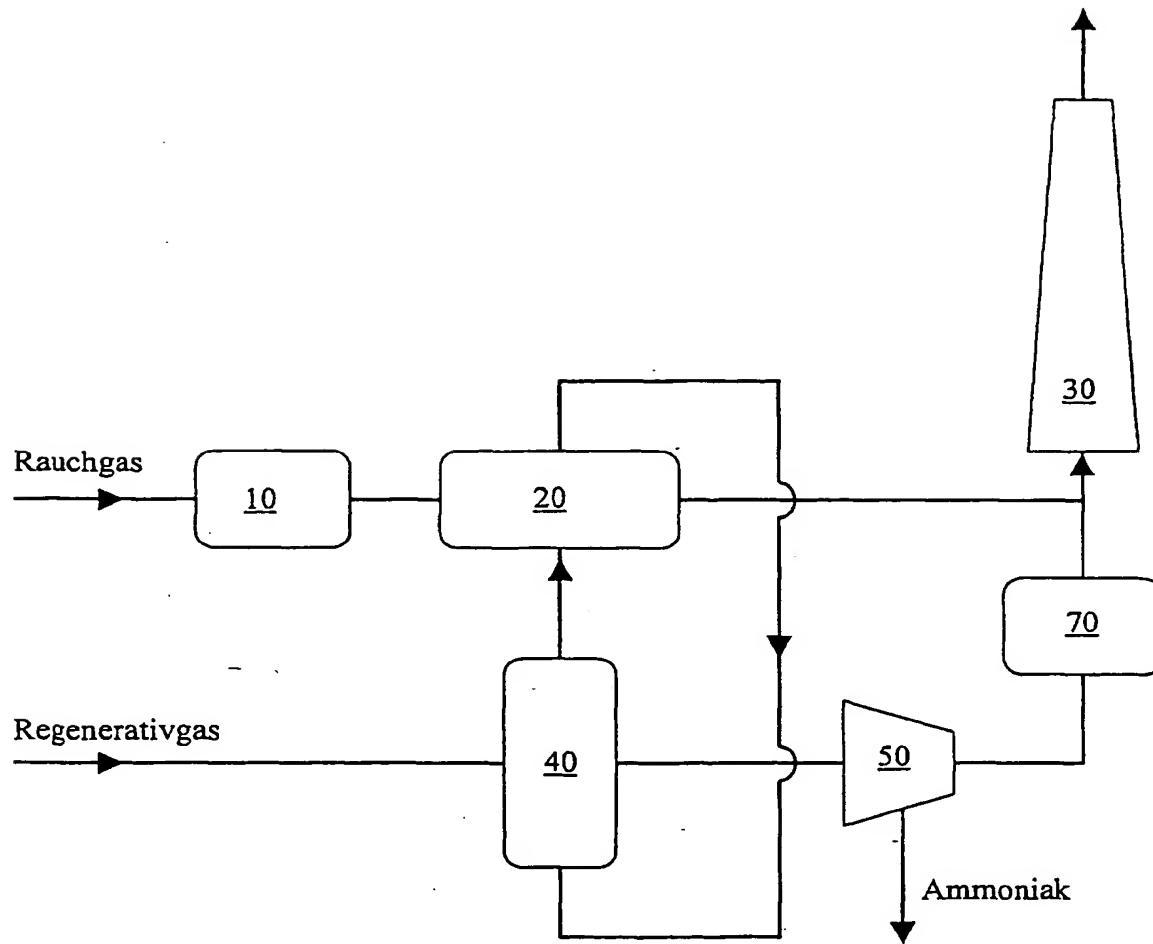
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet,** dass das regenerierte Speichermaterial wieder in das Verfahren zurückgeführt wird.
10. 6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet,** dass der in Verfahrensschritt c) erzeugte Ammoniak auskondensiert und als Wertstoff gewonnen wird.
15. 7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet,** dass der in Verfahrensschritt c) erzeugte Ammoniak zur selektiven, katalytischen Reduktion eines weiteren Rauchgasstromes verwendet wird.
20. 8. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass der regenerative Gasstrom Kohlenmonoxid und Wasserdampf enthält und mittels eines unterstöchiometrisch betriebenen Verbrennungsprozesses gewonnen wird.
25. 9. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass der regenerative Gasstrom im Kreislauf geführt wird.
30. 10. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass der regenerative Gasstrom vor der Abgabe an die Umwelt einer Nachverbrennung unterworfen wird.
35. 11. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Gasentladung gepulst oder moduliert betrieben wird.
40. 12. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Produkt aus dem Elektrodenabstand und dem Gasdruck zwischen 0,1 und 100 mm<sup>3</sup>bar beträgt.
45. 13. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Gasentladung bevorzugt als Oberflächengleitentladung ausgeführt ist.



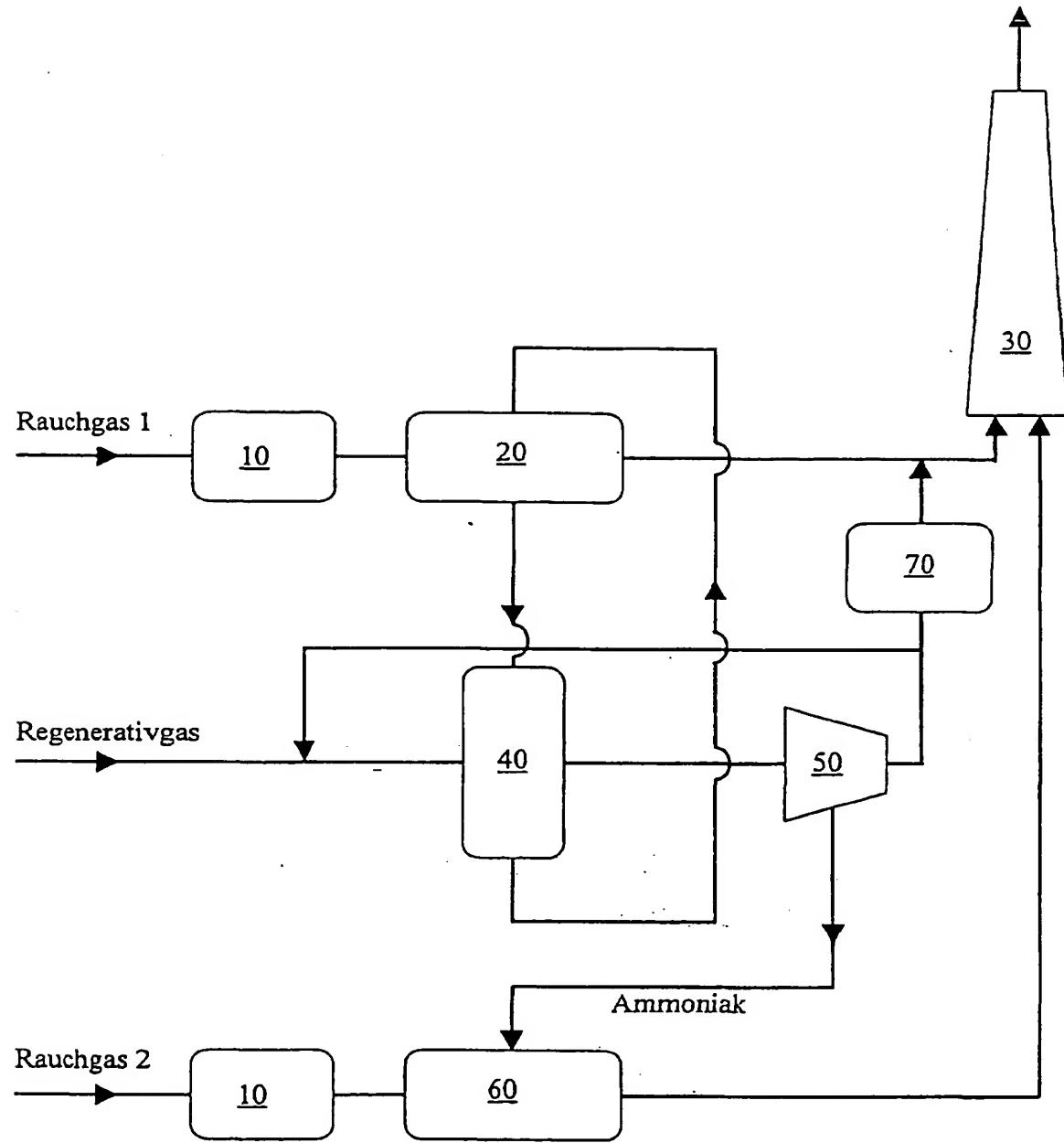
Figur 1



Figur 2



**Figur 3**



**Figur 4**



Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 01 10 8592

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betitl. Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.CI7)
A,D	DE 198 19 372 A (DEGUSSA) 4. November 1999 (1999-11-04)		B01D53/32 B01D53/92 B01D53/94
A	US 5 715 677 A (VOGTLIN GEORGE E ET AL) 10. Februar 1998 (1998-02-10)		
A	US 6 038 853 A (MERRITT BERNARD T ET AL) 21. März 2000 (2000-03-21)		
			RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int.CI7)
			B01D
<p>Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt</p>			
Recherchent MÜNCHEN	Abschlußdatum der Recherche 3. Juli 2001	Prüfer Polesak, H	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		<p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorie, oder Grundsätze      E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder      nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist      D : in der Anmeldung angeführtes Dokument      L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument      &amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes      Dokument</p>	
<small>EPO FORM 1992-03-02 (P0000)</small>			

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 01 10 8592

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Orientierung und erfolgen ohne Gewähr.

03-07-2001

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19819372 A	04-11-1999	EP 0953375 A JP 11347356 A US 6238525 B	03-11-1999 21-12-1999 29-05-2001
US 5715677 A	10-02-1998	KEINE	
US 6038853 A	21-03-2000	US 5893267 A US 5711147 A US 6038854 A EP 0946256 A WO 9809699 A US 5891409 A	13-04-1999 27-01-1998 21-03-2000 06-10-1999 12-03-1998 06-04-1999

EPO FORM P061

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang: siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr. 12/82